

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-27711

(P2009-27711A)

(43) 公開日 平成21年2月5日(2009.2.5)

|                             |                                     |             |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------|
| (51) Int. Cl.               | F I                                 | テーマコード (参考) |
| <b>H03H 9/215 (2006.01)</b> | H03H 9/215                          | 5 J 1 0 8   |
| <b>H03H 9/19 (2006.01)</b>  | H03H 9/19 K                         |             |
| <b>H01L 41/09 (2006.01)</b> | H01L 41/08 C                        |             |
| <b>H01L 41/18 (2006.01)</b> | H01L 41/08 L                        |             |
|                             | H01L 41/18 1 O 1 A                  |             |
|                             | 審査請求 未請求 請求項の数 9 O L 外国語出願 (全 10 頁) |             |

(21) 出願番号 特願2008-183525 (P2008-183525)  
 (22) 出願日 平成20年7月15日 (2008.7.15)  
 (31) 優先権主張番号 07014189.0  
 (32) 優先日 平成19年7月19日 (2007.7.19)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 505072926  
 イーティーエー エスエー マニユファク  
 チュア ホルロゲア スイス  
 スイス, シーエイチ-2540 グレンチ  
 エン, シルドーラストーストラーセ 17  
 (74) 代理人 100081053  
 弁理士 三俣 弘文  
 (72) 発明者 シルビオ デラ ピアッツァ  
 スイス, 2610 セイントーイミアー、  
 パッセージ デ エルグエル 6  
 (72) 発明者 ブルーノ スターダー  
 スイス, 4533 リードホルツ、リン  
 デンシュトラーセ 2

最終頁に続く

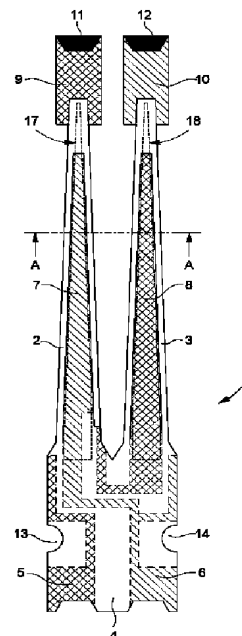
(54) 【発明の名称】 最適な動作キャパシタンスを有するピエゾ電子共振器

(57) 【要約】

【課題】 小型のピエゾ電子同調フォーク型共振器を提供する。

【解決手段】 本発明のピエゾ電子同調フォーク型共振器は、第1と第2の平行な振動アームが伸びるベースを有する。前記各振動アームは、自由端を形成するフリッパ形状をした拡大部分を有し、前記各振動アームは、基本周波数で振動アームを振動させる一組の励起電極を搭載する。前記一組の励起電極は、前記振動アームの対向した表面上の中央電極と、前記振動アームの側面に沿った側面電極とを有する。前記一組の励起電極は、さらに前記振動アームの正面と裏面の少なくとも一方の上に形成された少なくとも1本の溝を有し、前記溝は、前記振動アームの自由端の方向に前記フリッパの開始点を超えて伸び、前記振動アームは、テーパ形状をしており、前記中央電極は、前記フリッパの開始点には届かない。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ピエゾ電子同調フォーク型共振器において、  
第 1 と第 2 の平行な振動アームが伸びるベースを有し、  
前記各振動アームは、自由端を形成するフリッパ形状をした拡大部分を有し、  
前記各振動アームは、基本周波数で振動アームを振動させる一組の励起電極を搭載し、

前記一組の励起電極は、前記振動アームの対向した表面上の中央電極と、前記振動アームの側面に沿った側面電極とを有し、

前記一組の励起電極は、さらに前記振動アームの正面と裏面の少なくとも一方の上に形成された少なくとも 1 本の溝を有し、

前記溝は、前記振動アームの自由端の方向に前記フリッパの開始点を超えて伸び、  
前記振動アームは、テーパ形状をしており、

前記中央電極は、前記フリッパの開始点には届かない  
ことを特徴とするピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 2】**

前記各振動アーム上に形成される前記溝の開始点は、前記ベース内で、振動アームのアンカー領域の前にある  
ことを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 3】**

前記溝が前記フリッパの開始点を超える長さは、前記振動アームの平均幅の 1 倍と 2 倍の間である  
ことを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 4】**

前記溝が前記フリッパの開始点を超える長さは、前記溝の深さの 3 倍以上であることを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 5】**

前記溝の端部は、前記フリッパの先端よりもフリッパの開始点に近い  
ことを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 6】**

前記溝の深さは、前記振動アームの厚さの 40 % 未満であることを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 7】**

前記溝の深さは、前記振動アームの厚さの 30 % 未満であることを特徴とする請求項 6 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 8】**

前記溝は、四角形である  
ことを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【請求項 9】**

前記溝は、テーパ形状である  
ことを特徴とする請求項 1 記載のピエゾ電子同調フォーク型共振器。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ピエゾ電子共振器に関し、特に様々な技術分野（例、時計、情報技術分野、医療分野）で使用される周波数生成器、特に携帯用電子機器用に用いられる小型の共振器に関する。

**【背景技術】****【0002】**

10

20

30

40

50

この種の小型の共振器は、特許文献1に開示されている。特許文献1は、同調フォーク型の共振器を開示する。この同調フォーク型の共振器は、ベースと、このベースから伸びる2本の振動アーム（第1アームと第2アーム）とから構成される。各振動アームは、向かい合った表面上の中央電極と、各アームの両側に沿って配置された側面電極とを形成する金属化部分を搭載する。第1アームの中央電極は、第2アームの側面電極と電力端末に接続される。第2アームの中央電極と第1アームの側面電極は、同様に電力源の他の端末に接続される。この電極が、電界内に配置されると、アームは所望の基本周波数で振動する。

【0003】

【特許文献1】米国特許第4384232号明細書

10

【0004】

溝が各アームに形成される。アームの厚さ方向に沿って前記溝内に中央電極を配置することにより、ピエゾ電子結合が増加する。同じ大きさでは、ピエゾ電子結合が増加することにより、共振器の所定のQ係数（“quality factor”）に対する等価抵抗が減少し、電力消費も減少する。この効果は、等価の従来の共振器回路内の損失を表す直列抵抗値の減少の結果としてモデル化することができる。逆に同一に所望の等価抵抗に対しては、この構成により共振器の寸法が小さくなる。

【0005】

溝は、共振器が良好な機械的耐性を維持する限り、できるだけ深い方が好ましい。溝とアームとの側面方向のエッジとの間に配置された領域は、十分な剛性をもって接続されねばならない。これは同調フォーク全体が振動できるようにするためである。

20

【0006】

これらの溝を使用することにより、同一の所定の周波数および同一の等価抵抗に対しより小型化が可能となる。一方で、ある寸法以下では、弾性的に活性なピエゾ電子材料の容積が小さくなることは、Q係数の低下につながり、等価抵抗が増加してしまう。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、等価抵抗を大幅に増やすことなく、小型のピエゾ電子共振器を提供することである。

30

【0008】

さらに上記したピエゾ電子共振器は、直列容量（“motional capacitance”）を有する。この直列容量は、各共振モードに対し、すなわち基本周波数共振モードに対し、調和周波数共振モード（“harmonic frequency resonance modes”）に対しても、また特に第1の部分周波数共振モードに対しても、応力の積分値に比例するものとして定義される。かくして本発明の他の目的は、基本周波数に対する最大の動作キャパシタンスを有し、部分周波数（共振器回路により偶発的に開始する周波数）に対しては、最小の動作キャパシタンスを有するピエゾ電子共振器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

40

請求項1に記載した同調フォーク型共振器は、第1周波数（基本周波数）に対し第1の動作キャパシタンスと、第2周波数（部分周波数と称する）に対し第2の動作キャパシタンスを有する。本発明の主題を構成するこの特徴により、共振器の第1の動作キャパシタンスは、基本周波数に対し増加し、前記の第2の動作キャパシタンスは、部分周波数に対し減少する。かくして振動アームに沿った機械的応力が分散し、衝撃耐性を増加させることができる。

【0010】

本発明によれば、振動アームを形成する質量の分布は、従来のそれとは大きく異なる。そのため本発明により振動アームは、テーパー形状をしフリッパと称する拡大部門を端部に有する。この質上の分布の利点は、Q係数が上がる点である。フリッパの効果は、

50

特に所定のアームの長さに対し、かくして周波数は所望の値に調整可能となる。

【0011】

フリッパが存在することに関連する別の利点は、フリッパは部分周波数モードでは、共振をしない点である。そのためフリッパの効果は、部分周波数モードとアームの対称軸に対するねじれモードとを結合する。この効果により、部分周波数モードにおける実際の動作キャパシタンスを減らすことができる。

【0012】

溝が存在することにより、所定の共振Q係数に対する等価抵抗が減少する。しかし、これらの溝のみでそのQ係数自体に対する二次的な効果を有する。

【0013】

本発明によれば、溝はアームに沿って、フリッパが始まる点に一致する拡大点を越えて伸びる。かくしてフリッパの開始点に一致する拡大点は、衝撃時の最大応力ゾーンを形成する。このような状況において本発明の特徴により、溝の脆い端部は、衝撃時の最大応力ゾーンからある距離離れた位置にある。さらに溝がフリッパの開始点を越えて伸びることにより、共振器の動作キャパシタンスが増加する。これは振動とフリッパの質量に関連する応力を良好に分散したことによる。

【0014】

本発明のこの実施例により、溝は、アームのアンカー領域より十分手前のベース4内に形成し始める。

【0015】

さらに本発明の別の実施例によれば、ベース4の長さは、振動アームの平均幅の4.5倍から6.5倍の間にある。本発明者の成した実験結果によれば、この比率を観測できない場合には、組立の感受性の影響が起り、等価周波数／抵抗が安定しない。実際に極端に小型化した場合でも、接続表面の寸法は、取り付け技術に依存しかつそれを提供しなければならない。共振器の固定ゾーンと柔軟性のある活性ゾーンとの間の最小距離を、最も効率的な機械的に結合しないことを可能とするために保証する。

【0016】

好ましくは、ベースの長さは、振動アームの平均幅の6倍に等しい。

【0017】

本発明の範囲内において、様々な溝の深さで実験した結果、共振器の動作キャパシタンスは、溝が深いときには遙かに感受性がある。かくして溝の深さが振動アームの厚さの40%から50%にある時には、基本周波数に対する共振器の動作キャパシタンスは、製造許容量に対し感受性が過度となり、共振器の全体構造が脆くなる。振動アームの厚さの40%の最大値に等しい溝の深さがかくして好ましい。その理由は、共振器の寸法と機械的応力に対する抵抗力が良好な妥協点になるからである。これにより共振器の寸法とその機械的強度に対する耐性との間の良好な組み合わせを得る

【0018】

溝の深さが、振動アームの厚さの30%ないし40%の範囲にある場合でも利点はある。このような厚さのアームは、機械的応力に対する抵抗力が不十分であり、安全性を上げるためには、溝の深さは振動アームの厚さの30%の最大値に等しいのがより好ましい。

【0019】

さらに有利に、フリッパを安定化されるために、その結果、基本周波数は容易に調整できる。

【0020】

溝は、矩形形状あるいはテーパ形状のいずれでも良い。矩形形状の場合には、電極間のスペースを減らし、第1動作キャパシタンスを増やすことができる。テーパ形状は、アームの形状に適合して電極間の短絡を防止できる。これにより電極間のスペースを減らし、第1の稼働キャパシタンスを増加させる。

【実施例】

10

20

30

40

50

## 【0021】

図1に本発明の一実施例を示す。同図において、共振器1は、同調フォーク部分を有する。この同調フォーク部分は、ベース4に結合された振動アーム2、3を有する。この組立体は、ピエゾ電子材料、例えば、水晶のような材料で一体品で形成される。ベース4と振動アーム2、3は、金属化部分すなわち導電性の堆積部分を有する。この金属化部分が電極5、6の組を形成し、アームを電解にさらしてそのアームを所望の周波数（基本周波数と称する）で振動させる。アーム上に形成された金属化部分は、メインの対向した表面上の中央電極と各アームの側面に沿って形成された側面電極とを形成する。溝7、8が各振動アームの前面または後面の少なくとも一方に形成される。同図によれば、溝7、8は、ベース4の内側からスタートしてアームに沿って拡大部分を超えて伸びる。この拡大部分は、フリッパ9、10の開始点と一致する。かくしてアームの断面をその全長に渡って変化させることにより、これらの溝は、装置が小型化した場合でも正確な性能を提供する。

10

## 【0022】

図1によれば、各アームの中央電極は、溝7、8の内側に形成されている。中央電極が溝内でアームの厚さ方向に配置される利点は、ピエゾ電子結合を増加させることができる点である。

## 【0023】

図1によれば、振動アーム2、3の厚さは、アームの長さの大部分となる部分に渡り減少する。振動アームがテーパー形状のメイン部分を有することは、結晶内の引っ張りが良好に分布して、基本周波数の動作キャパシタンスを増加させながら、部分周波数の動作キャパシタンスを減少させる利点がある。各振動アームのテーパー状部分は、幅の広いフリッパ9、10で被さっている。これらのフリッパの振動アーム2、3の端部を形成するために、この構成によりさらに、共振器の特徴を変えることなくこれらの振動アームの寸法を小さくし、アームに沿った機械的応力のより良好な分配を確保する。不均衡質量11、12がフリッパ9、10にも加えられ、それにより共振器の基本周波数の良好な調整が得られる。

20

## 【0024】

さらに図1に示すこの実施例においては、中央電極はフリッパ9、10の開始点の前で終わり、かくして溝7、8の先端の遙か手前で終わる。この構成の利点は、電気エネルギーは、動作キャパシタンスがフリッパ9、10の剛性ゆえに大幅に減るようなゾーンで浪費されない点である。

30

## 【0025】

最後に、この実施例においては、ノッチ13、14がベース4に形成されて、振動アームとベースの固定部分との間の機械的な未結合（分離）を改善する。

## 【0026】

好ましくは、テーパー状部分の先端（フリッパの開始点に一致する拡大点）におけるアームの幅 $w_1$ は、テーパー状部分の根元端（共振器のベース4の結合点）におけるアームの幅 $w_2$ の30%から60%の範囲内に選択される。好ましくはより良好な妥協点は、前述の幅 $w_1$ と $w_2$ の幅の比率が45%から55%に間にあるのが好ましい。

40

## 【0027】

さらにフリッパの幅は、アームのテーパー状部分の平均幅の1.5倍から2.5倍の範囲内にある。

## 【0028】

図1a（線A-Aに沿った図1の断面図）によれば、溝7a、7b、8a、8bが形成される2本の振動アーム2、3が同調フォーク型共振器の長手軸方向に沿って形成される。この変形例によれば、各アームは、その前面と背面上に1個の溝を有する。さらに共振器が十分な機械的強度を有するようにするために、溝はできるだけ浅くなくてはならない。さらにこれらの溝は、できるだけ深くてはならないが、これにより所定のQ係数に対するより良好な等価な耐性を確保するか、あるいは所望の等価抵抗に対し共振器の寸法を小型化

50

できる。最も良好な妥協点は、振動アームのテーパ形状を考慮に入れながら探すべきである。

#### 【0029】

本発明の範囲内において、溝の深さは、振動アームの厚さ $w$ の40%未満が好ましい。この深さにより、共振器の寸法と機械的応力に対する強さとの良好な妥協点が得られる。振動アームの厚さ30%ないし40%の間の溝の深さは、利点がある。より良好な安全性のために、共振器の寸法と機械的応力に対する抵抗力との間の最適な妥協点は、溝の深さ $d$ を振動アームの厚さ $w$ を30%未満にすることである。

#### 【0030】

図2は、衝撃により破損した部分と溝の端部の部分との関係を表すグラフである。このグラフにおいて、 $L_r$ は溝の端部までの長さであり、 $L_p$ はフリッパが開始した点の長さであり、 $L$ はアームの長さである。これら3個の長さは、ベースのアームの取り付け部分から測定した。

10

#### 【0031】

図2に示すように、振動アーム内に形成された溝の形状は、共鳴器の衝撃耐性に対しては決定的な意味を持つ。実際にこのグラフによれば破損率は、溝の先端がフリッパの開始点となる拡大点と一致する時 ( $L_p=L_r$ でグラフの横軸が0%) に遙かに高い。この現象を説明する決定的なファクターは、フリッパにより形成されるかなりの質量の影響にある。考慮に入れなければならない別のファクターは、溝は水晶結晶をエッチングすることにより形成される点である。従来公知のように、化学エッチングは、複数の結晶面、特に溝の端部において複数の結晶面を露出する傾向にある。結晶面が増えることにより、衝撃およびそれに関連する応力に対する感受性が高くなる欠点がある。

20

#### 【0032】

このような現象の原因が何であれ、溝の端部を衝撃に対する最大応力ゾーン外に配置するのが好ましい。これには2つの解決法がある。第1の解決法は、溝の端部をフリッパ側に配置すること、あるいはより正確にはアームの拡大点の手前に配置することである。第2の解決法は、本発明の主題を成すものであるが、溝の端部をアームの拡大点を超えて配置することである。その結果、衝撃に関連する最大応力ゾーンは、溝の側面壁全体に分散する。

30

#### 【0033】

図3は、特定の場合の等価抵抗と溝の長さとの関係を表すグラフである。この特定の場合とは、各振動アーム上でフリッパの開始点に一致する拡大点が、アームの長さの67%の位置に置かれた場合 ( $L_p/L=67\%$ ) である。図3から分かるように、この等価抵抗は最小値を有するが、その場所は横軸の67%の点から離れていない。すなわちフリッパの開始点に一致する溝の先端部 ( $L_p=L_r$ ) の状況に近い点である。さらに溝の先端が離れる場合、特にアームの端部にある場合には、等価抵抗は増加するが、フリッパの機械的特性が変わったためである。

40

#### 【0034】

グラフをより詳細に検討すると、等価抵抗は、溝がフリッパの開始点を若干超えた方が溝がフリッパの開始点の若干手前で停止する時よりもより小さくなる。本発明によれば、かくして溝がフリッパの開始点を若干超えてこれにより破砕率(図2)と等価抵抗(図3)を同時に小さくする。本発明のこの構成による別の利点は、この構成は、共振器の動作キャパシタンスを増加させることである。これは、振動に関連する応力とフリッパの質量をより良好に分散させた結果である。

#### 【0035】

好ましくは、溝がフリッパを超えて伸びる距離は、アームの平均長さの1倍と2倍との間である。さらにこの距離は、溝の深さの少なくとも3倍である。しかし溝の端部は、アームの端部よりもフリッパの開始点に近い方が好ましい。この構成により等価回路の上昇と他の振動モードの活性化の両方を阻止できる。

#### 【0036】

50

本発明の変形例として、図 1 に示す電極のテーパ形状は、矩形で置換できる。このような場合、矩形の電極は、電極間のスペースを減らし、これにより基本発信モードの動作キャパシタンスを増加させることができる。

【0037】

以上の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。特許請求の範囲の構成要素の後に記載した括弧内の番号は、図面の部品番号に対応し、発明の容易なる理解の為に付したものであり、発明を限定的に解釈するために用いてはならない。また、同一番号でも明細書と特許請求の範囲の部品名は必ずしも同一ではない。これは上記した理由による。

10

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図 1】 本発明の一実施例による同調フォーク型共振器を表す図。

【図 1 a】 図 1 の線A-Aに沿った断面図。

【図 2】 フリップの開始点に対し溝の端部の位地の関数として、フリップにおける切られた比率を表すグラフ。

【図 3】 フリップが開始点がアームの長さの 67 % の場合の、全長に対する溝の長さの比率 ( $L_r / L$ ) と等価抵抗  $R_s$  との関係を表すグラフ。

【符号の説明】

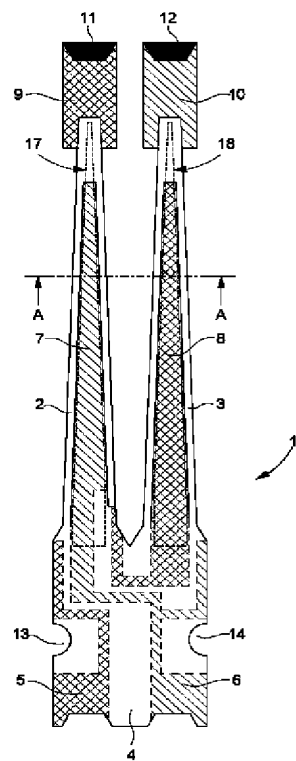
【0039】

20

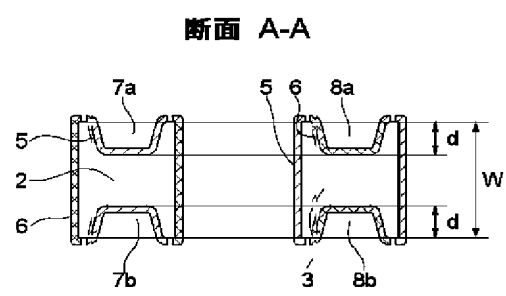
- 1 共振器
- 2 振動アーム
- 3 振動アーム
- 4 ベース
- 5 電極
- 6 電極
- 7 溝
- 8 溝
- 9, 10 フリップ
- 11, 12 不均衡質量
- 13, 14 ノッチ

30

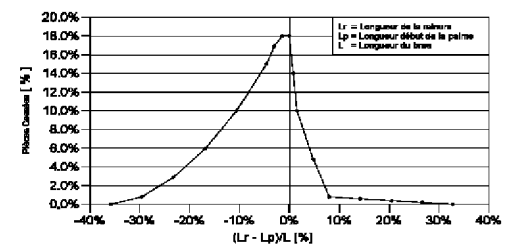
【図 1】



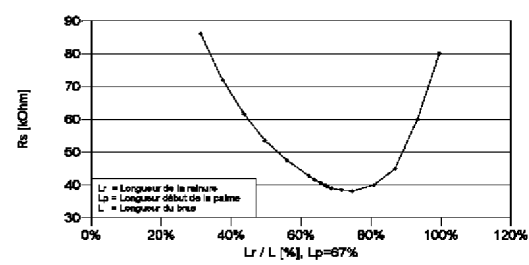
【図 1 a】



【図 2】



【図 3】





---

フロントページの続き

(72)発明者 フェリックス スタウブ

スイス, 3 4 2 5 コッピゲン、シブラーシュトラッセ 4

Fターム(参考) 5J108 BB02 CC06 CC08 CC09 CC12 EE03 EE07

【外国語明細書】

2009027711000001.pdf

**PAT-NO:** JP02009027711A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2009027711 A  
**TITLE:** PIEZOELECTRIC RESONATOR WITH  
OPTIMIZED MOTIONAL  
CAPACITANCES  
**PUBN-DATE:** February 5, 2009

**INVENTOR-INFORMATION:**

| NAME                 | COUNTRY |
|----------------------|---------|
| DALLA, PIAZZA SILVIO | N/A     |
| STUDER, BRUNO        | N/A     |
| STAUB, FELIX         | N/A     |

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

| NAME                                | COUNTRY |
|-------------------------------------|---------|
| ETA SA MANUFACTURE HORLOGERE SUISSE | N/A     |

**APPL-NO:** JP2008183525

**APPL-DATE:** July 15, 2008

**PRIORITY-DATA:** 200707014189 (July 19, 2007)

**INT-CL-ISSUED:**

| TYPE | IPC DATE IPC-OLD               |
|------|--------------------------------|
| IPCP | H03H9/215 20060101 H03H009/215 |
| IPFC | H03H9/19 20060101 H03H009/19   |
| IPFC | H01L41/09 20060101 H01L041/09  |

IPFC

H01L41/18 20060101 H01L041/18

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-sized piezoelectric tuning fork resonator.

**SOLUTION:** A piezoelectric tuning fork resonator of the present invention includes a base from which first and second parallel vibrating arms extend, each vibrating arm having an enlarged flipper shaped portion which forms a free end, and carrying a set of excitation electrodes for vibrating the arms at a fundamental frequency. The set of excitation electrodes includes center electrodes on opposite surfaces of the vibrating arms and side face electrodes along side faces of the vibrating arms. The set of excitation electrodes further includes at least one groove formed on at least one of the top or bottom surfaces of each of the arms, the groove is extended in the direction of the free end of an arm to beyond the start of the flipper, the vibrating arms have a generally tapered shape, and the center electrodes do not reach the start of the flipper.

**COPYRIGHT:** (C)2009,JPO&INPIT